

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ, ФАЗОВОГО СОСТАВА И ТОЛЩИНЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПЛЕНОК ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ВЛАЖНОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ

Р. Ф. БЕКИШЕВ, Б. И. КОСТЫЛЕВ, А. И. СКОРОСПЕШКИН

(Представлена научным семинаром кафедр электрических машин
и общей электротехники)

На надежную работу скользящего щеточного контакта в коллекторных электрических машинах оказывают существенное влияние процессы, обеспечивающие формирование поверхностной пленки, образующейся на коллекторах и контактных кольцах. Изучение структуры, фазового состава и толщины пленок, сформированных в различных климатических условиях, способствует пониманию физических процессов, происходящих в скользящем контакте.

В настоящей работе исследовались поверхностные пленки, образованные на контактных кольцах (материал — медь М1) щетками МГС-7, в диапазоне изменения относительной влажности окружающей среды 38—98%. Нарботка поверхностных пленок проводилась во влагокамере при постоянных плотности тока (20 а/см^2), температуре контактного кольца (45°C), атмосферном давлении (760 мм рт. ст.).

В результате электронномикроскопических, электронографических и рентгенографических исследований [1] получены количественные данные о структуре и содержании компонентов в исследованных поверхностных пленках, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1

№ п/п	Относительная влажность среды %	Содержание Cu_2O %	Размеры кристаллов Cu_2O мкм	Содержание графика %
1	38÷40	30	0,025÷0,1	70
2	60	50	0,05÷0,18	50
3	70	60÷65	0,05÷0,1	35÷40
4	95÷98	80÷85	0,05÷0,08	15÷20

Анализ табл. 1 показывает, что с повышением влажности окружающей среды значительно усиливается процесс окисления меди контактного кольца, что приводит к возрастанию содержания Cu_2O в исследованных поверхностных пленках. Характерно, что процесс окисления идет по пути образования большого числа кристаллов закиси меди, тогда как увеличение размеров кристаллов Cu_2O незначительно. Так,

поверхностные пленки, образованные при повышенной влажности, имеют, как правило, поликристаллическую структуру.

Уже при электронномикроскопических и электронографических исследованиях данных пленок было замечено, что толщина поверхностных пленок, нарабатанных при различной влажности окружающей среды, значительно отличается.

Измерение толщины поверхностных пленок проводилось интерференционным методом после отделения пленок от подложки [1].

В результате измерений обнаружено, что поверхностные пленки, сформированные при повышенной влажности окружающей среды, имеют в $1,8 \div 2$ раза большую толщину, нежели нарабатанные в нормальных условиях. В некоторых случаях, когда толщина пленки превышала 10000 \AA , интерференционную картину на поверхности пленки наблюдать было невозможно.

Результаты измерений приведены в табл. 2.

Таблица 2

№	Относительная влажность среды %	Толщина пленки		Å
		δ_{\max}	δ_{\min}	$\delta_{\text{ср}}$
1	38	5000	3000	4000
2	60	7000	4000	5500
3	70	8200	5000	6600
4	98	10500	5300	7950

В табл. 2 представлены предельные значения толщины, измеренные в различных участках пленки.

Таким образом, с повышением влажности окружающей среды поверхностная пленка оказывает все большее влияние на работу скользящего контакта. Представленные на рис. 1 зависимости, характеризующие процесс формирования поверхностной пленки, показывают, что при повышенной влажности нормально функционирующая пленка может быть сформирована значительно быстрее, нежели в нормальных условиях. Семейство статических вольтамперных характеристик (рис. 2), снятых после полного формирования поверхностной пленки в заданных условиях, полностью соответствует изменениям фазового состава и толщины пленок. Повышение уровня контактного падения напряжения и нелинейности вольтамперных характеристик объясняется увеличением процентного содержания закиси меди в поверхностной пленке, а также ее толщины.

Следовательно, существует прямая связь между параметрами схемы замещения [2], которая описывается вольтамперными характеристиками скользящего контакта, фазовым составом и толщиной поверхностной пленки.

Исследование поверхностных пленок, сформированных при различном атмосферном давлении ($760 \div 10^{-1} \text{ мм рт. ст.}$), оказалось возможным проводить рассмотренными выше методами лишь при понижении атмосферного давления до 10 мм рт. ст. Пленка, образованная при низком атмосферном давлении, настолько тонка, что практически не поддается отделению от подложки.

С понижением атмосферного давления условия формирования поверхностных пленок значительно ухудшаются как вследствие уменьшения содержания кислорода, необходимого для образования закиси меди Cu_2O , так и в связи с резким увеличением коэффициента трения.

Электронномикроскопическое и электронографическое изучение подобных пленок показало, что при понижении атмосферного давления значительно уменьшается содержание закиси меди в поверхностных пленках, причем наблюдается разориентация кристаллов Cu_2O . Этими причинами объясняется, вероятно, тот факт, что с понижением атмо-

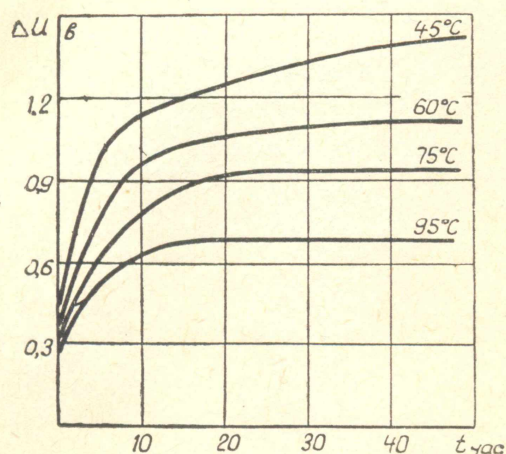


Рис. 1

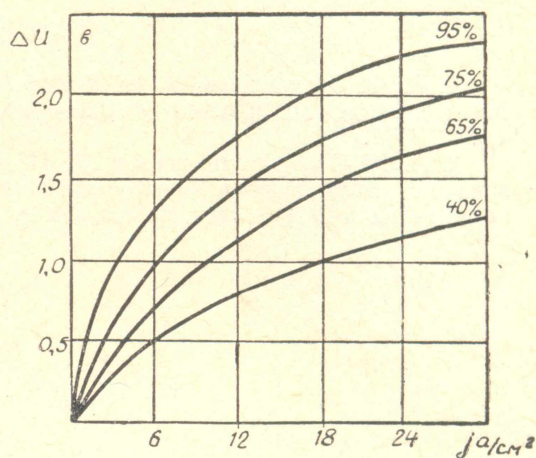


Рис 2

сферного давления (при постоянных температуре и влажности) вольт-амперные характеристики (рис. 3) все более спрямляются и исчезают полярные различия. Влияние поверхностной пленки исчезает и уже при

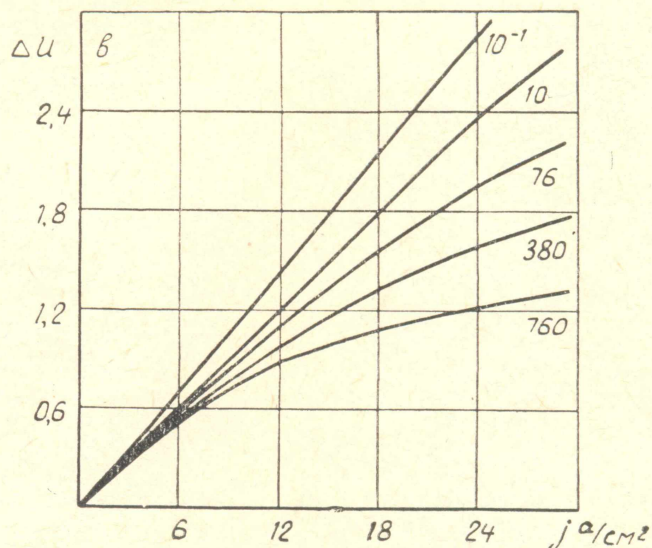


Рис. 3

атмосферном давлении 10 мм рт. ст. практически не сказывается. С исчезновением поверхностной пленки вольтамперные характеристики представляют собой прямые линии.

Выводы

1. Получены количественные данные содержания компонентов поверхностных пленок, сформированных при различной влажности окружающей среды.

2. Установлено, что поверхностные пленки, образованные при повышенной влажности, имеют в $1,8 \div 2$ раза большую толщину по сравнению с пленками, наработанными в нормальных атмосферных условиях.

3. При понижении атмосферного давления существенно изменяется структура и фазовый состав поверхностных пленок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Р. Ф. Бекишев, Б. И. Костылев, А. И. Скороспешкин. Исследование поверхностных пленок коллекторов электрических машин. «Известия ТПИ», т. 212, 1971.

2. А. И. Скороспешкин, Б. И. Костылев, Р. Ф. Бекишев. Физическая природа вольтамперных характеристик. Материалы IV Всесоюзной конференции по коммутации электрических машин, Омск, 1969.
